

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) Veröffentlichungsnummer: **0 606 536 A1**

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: 93116028.7

(51) Int. Cl.⁵: G01F 1/66

(22) Anmeldetag: 05.10.93

(30) Priorität: 11.01.93 CH 60/93

(71) Anmelder: Landis & Gyr Business Support AG

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
20.07.94 Patentblatt 94/29

CH-6301 Zug(CH)

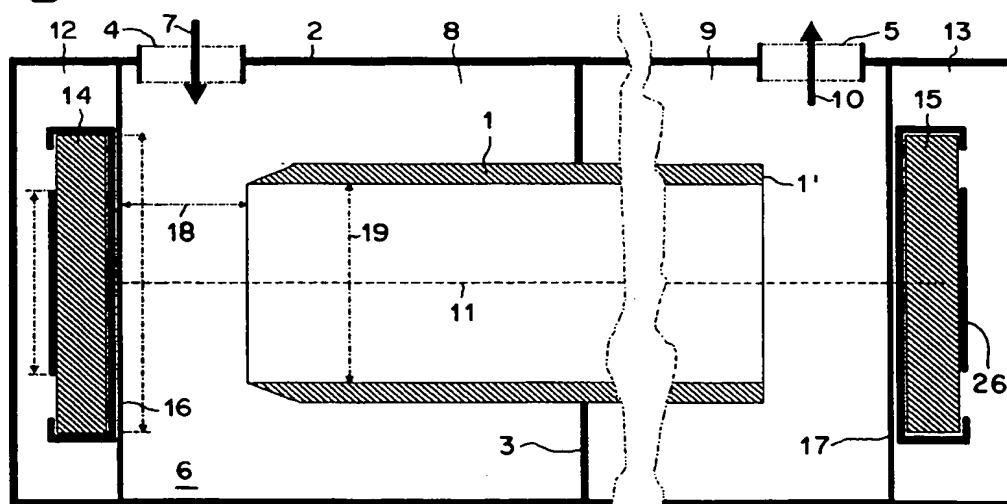
(84) Benannte Vertragsstaaten:
CH DE DK LI NL SE

(72) Erfinder: Adam, Norbert
Salisweg 66
D-63452 Hanau 1(DE)
Erfinder: Hauenstein, Günther
Luisantring 92
D-63477 Maintal 3(DE)

(54) Messwertgeber mit Ultraschallwandler.

(57) Ein Messwertgeber besteht aus zwei auf einer gemeinsamen Achse (11) eines Messrohres (1) angeordneten, gegenüberliegenden Ultraschallwandlern (12;13), die mit einem Plättchen (14;15) aus Piezokeramik zum Abstrahlen und Empfang von Ultraschallwellen ausgerüstet sind. Durch das Messrohr (1) strömt ein Medium (6) und verändert die Laufzeit der das Messrohr (1) in beiden Richtungen durcheilenden Wellenzüge des Ultraschalls. Die Laufzeiten dienen als Mass des Durchflusses des Mediums (6). Temperaturabhängige Fehler der Durchflussmessung können praktisch eliminiert werden, indem die Fläche der kleineren bzw. zweiten Elektrode (26) in einem vorbestimmten Verhältnis zur Querschnittsfläche des Messrohrs (1) gehalten ist und die Berandungen der beiden Flächen ähnlich sind.

Fig. 1



EP 0 606 536 A1

Die Erfindung bezieht sich auf einen Messwertgeber mit Ultraschallwandlern gemäss dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Solche Messwertgeber mit Ultraschallwandlern eignen sich zur Messung der Strömungsgeschwindigkeit eines Mediums mittels akustischer Wellen beispielsweise bei elektronischen Wärmezählern oder Durchflussvolumenzählern.

Es ist ein Ultraschallwandler dieser Art aus der DE-PS 29 34 031 bekannt, der Konstruktionsmerkmale des Ultraschallwandlers für den Gebrauch in heissen, flüssigen Medien zeigt. Der aktive Teil des Ultraschallwandlers besteht aus einer relativ dünnen Scheibe aus einer Piezokeramik zwischen flächigen Elektroden, die auf den Stirnseiten der Scheibe angeordnet sind. Die erste Elektrode überzieht die vordere Stirnseite völlig und greift zum besseren Kontaktieren über den Zylindermantel der Scheibe auf die hintere Stirnseite über. Die im Zentrum angeordnete zweite Elektrode auf der hinteren Stirnseite weist einen Durchmesser kleiner als der Radius der Scheibe auf. Die elektrischen Anschlüsse sind auf der vom fliessenden Medium abgewandten hinteren Stirnseite angeordnet, wobei die Zuführdrähte von Hand angelötet sind.

Als Piezokeramik eignen sich Materialien, die unter dem Namen SONOX von Hoechst CERAMTEC hergestellt und angeboten werden.

Es ist auch ein Messwertgeber mit zwei gleichen Ultraschall-Wandlern bekannt (CH-PS 654 105), bei dem die Ultraschall-Wandler gleichzeitig einen kurzen Wellenzug mit Ultraschall von beiden Seiten durch das im Messrohr des Messwertgebers strömende Medium senden, wobei der eine Wellenzug stromaufwärts und der andere stromabwärts zum anderen Ultraschall-Wandler eilt. Aus der Laufzeitdifferenz der eintreffenden Wellenzüge ist die mittlere Strömungsgeschwindigkeit des Mediums berechenbar.

Der Ultraschall wird von der vorderen Stirnseite der Scheibe aus Piezokeramik abgestrahlt. Wie aus der DE-29 24 561 bekannt ist, ist aus hydraulischen und messtechnischen Gründen zwischen der Stirnseite und dem Eingang des Messrohrs ein Abstand einzuhalten, der dem Innenradius des Messrohrs entspricht.

Aus der EP-451'355 A1 ist bekannt, dass ein Teil des Ultraschalls neben dem Messrohr vorbei an eine Gehäusewand geworfen und wieder gegen den Sender reflektiert wird. Da die Schallgeschwindigkeit im Medium stark von dessen Temperatur abhängig ist, können die reflektierten Schallwellen von der Temperatur des Mediums abhängige Messfehler bewirken.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Messwertgeber der im Oberbegriff des Patentanspruchs 1 angegebenen Art zu schaffen, dessen Messrohr gut durchschallt ist und dennoch einen stark verminderten Temperaturgang des Messfehlers aufweist.

Die Lösung der Aufgabe gelingt mit den im Anspruch 1 angegebenen Merkmalen. Vorteilhafte Ausgestaltungen ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.

Nachfolgend werden Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der Figuren näher erläutert.

Es zeigt:

Figur 1 einen Messwertgeber für Ultraschall und

Figur 2 einen Ultraschallwandler.

In der Figur 1 bedeuten 1 ein Messrohr, 2 ein Gebergehäuse mit einer Trennwand 3, 4 einen Einlass und 5 einen Auslass mit einem angeschlossenen Rohrsystem für ein Medium 6. Die Trennwand 3 teilt das Gebergehäuse 2 in zwei Kammern, die durch das Messrohr 1 strömungstechnisch miteinander verbunden sind. Das Rohrsystem führt das Medium 6, ein Gas oder eine Flüssigkeit, durch den Einlass 4 in das Gebergehäuse 2. Das Medium 6 strömt in Richtung eines Pfeiles 7 durch den Einlass 4 in eine erste Kammer 8 des Gebergehäuses 2, durch das Messrohr 1 in die zweite Kammer 9 des Gebergehäuses 2 und verlässt die zweite Kammer 9 in Richtung eines Pfeiles 10 durch den Auslass 5 und kehrt in das angeschlossene Rohrsystem zurück.

Ausserhalb des Gebergehäuses 2 und beidseits des Messrohres 1 sind auf dessen verlängerten Achse 11 die Ultraschallwandler 12, 13 so angeordnet, dass sie beim Abstrahlen von Ultraschall-Wellenzügen diese durch das Messrohr 1 hindurch gegeneinander aussenden. Jeder Ultraschallwandler 12 bzw. 13 weist als aktiver Teil ein Plättchen 14 bzw. 15 aus einer Piezokeramik auf, das zentrisch zur Achse 11 ausgerichtet ist.

Für Ultraschall durchlässige Membrane 16 und 17 schützen die Plättchen 14, 15 vor den schädigenden Einflüssen des Mediums 6 und schliessen das Gebergehäuse 2 dicht ab, so dass es einen Teil des Rohrsystems für das Medium 6 bildet.

Damit im Medium 6 aus hydraulischen Gründen ein vorgegebener Druckabfall nicht überschritten wird, wenn das Medium 6 durch das Gebergehäuse 2 und das Messrohr 1 fliesst, ist einerseits ein minimaler Abstand 18 zwischen der Membran 16 bzw. 17 und dem nächstliegenden Eingang des Messrohrs 1 einzuhalten und andererseits darf der Abstand 18 nicht so gross sein, dass der Ultraschall auf eine Stirnfläche 1' des Messrohrs 1 auftrifft.

Es ist für die Optimierung der hydraulischen und akustischen Bedingungen von Vorteil, wenn das Verhältnis des Abstands 18 zum Innendurchmesser 19 zwischen 0,5 und 0,9 beträgt.

Das Messrohr 1 weist eine im wesentlichen konstante Wandstärke auf, die sich beispielsweise an beiden Enden des Messrohrs 1 verjüngt, um die den Ultraschallwandlern 12, 13 zugewandte Stirnfläche 1' des Messrohrs 1 zu reduzieren. In der Zeichnung der Figur 1 ist dies beispielhaft an einem Ende des Messrohrs 1 dargestellt.

Zwischen den beiden Membranen 16, 17 erstreckt sich die mit Ultraschall durchschallbare Messstrecke längs der Achse 11, wobei im Innern des Messrohrs 1 die Querschnittfläche Q im wesentlichen konstant ist. Die Querschnittfläche Q ist durch die Innenwand des Messrohrs 1 begrenzt, so dass deren Berandung von der Form des Messrohrs 1 abhängig ein Kreis, ein Oval, ein Quadrat, ein Rechteck usw. sein kann.

Beide auf der gemeinsamen Achse 11 gegenüberliegende Ultraschallwandler 12, 13 senden einander gleichzeitig einen Ultraschall-Wellenzug von vorbestimmter Länge zu. Beim Ultraschallwandler 12 bzw. 13 trifft der Wellenzug des gegenüberliegenden Ultraschallwandlers 13 bzw. 12 nach einer gewissen Laufzeit ein und erzeugt dort in an sich bekannter Weise elektrische Messsignale. Wegen des Dopplereffekts sind die Laufzeiten der Wellenzüge von der Strömung des Mediums 6 abhängig, so dass aus den Messsignalen die Strömungsgeschwindigkeit des Mediums 6 und zusammen mit der Querschnittsfläche Q auch der Durchfluss ermittelt werden können.

Beispielhaft ist der Messwertgeber rotationssymmetrisch, d. h. die Querschnittfläche Q ist durch einen Kreis berandet und deren Flächeninhalt durch den Innendurchmesser 19 des Messrohrs 1 bestimmt. Der Ultraschallwandler 12 in der Figur 2 weist in seinem Gehäuse eine Nische 20 auf, in der das scheibenförmige Plättchen 14 mit dem Scheibendurchmesser 21 aus Piezokeramik angeordnet ist. Die eine dem Medium 6 (Figur 1) zugewandte Stirnseite ist vollflächig mit einer Elektrode 22 überzogen, die sich über den Zylindermantel des Plättchens 14 bis zu einem Randstreifen 23 auf der ersten gegenüberliegenden zweiten Stirnseite 24 des Plättchens 14 fortsetzt. Der Durchstosspunkt der Achse 11 bestimmt das Zentrum 25 der zweiten Stirnseite 24 und einer kreisrunden zweiten Elektrode 26 mit dem Elektroden-Durchmesser 27, die auf der zweiten Stirnseite 24 angebracht ist. Am Randstreifen 23 und im Zentrum 25 ist ein Paar Anschlussdrähte 28 als Verbindung zwischen dem Plättchen 14 und einem elektronischen Gerät 29 angelötet, über die das Gerät 29 zum Senden von Ultraschall dem Plättchen 14 elektrische Schwingungen einer vorbestimmten Frequenz (z. B. 1 MHz) übermittelt bzw. während des Empfangs vom Plättchen 14 die Messsignale erhält.

Der zweite Ultraschallwandler 13 (Figur 1) ist genau gleich aufgebaut, insbesondere sind die aktiven Teile, das Plättchen 15 (Figur 1) und die zweite Elektrode 26 genau rotationssymmetrisch zur Achse 11 angeordnet.

Der Vorteil eines völlig rotationssymmetrischen Aufbaus liegt in der einfachen Ausrichtung der Ultraschallwandler 12, 13, der Plättchen 14, 15 und der Elektroden 22, 26 auf das Messrohr 1.

Die Plättchen 14, 15 sind akustisch mit den Membranen 16, 17 (Figur 1) gekoppelt, beispielsweise mittels einer beidseits klebenden dünnen Kunststoffolie 30, die das Plättchen 14, 15 mit einer dünnen, etwa 0,1 mm dicken Stahlfolie verklebt. Solche beidseitig klebende Kunststoffolien 30 werden als Transferfolien von der Firma 3M, Minnesota Mining and Manufacturing Corp. USA, hergestellt.

Die erste Elektrode 22 auf der ersten Stirnseite der Plättchen 14, 15 muss nicht notwendigerweise die ganze erste Stirnseite bedecken, jedoch sind die Plättchen 14, 15 wenigstens auf der Fläche der zweiten Elektrode 26 beidseitig mit den beiden Elektroden 22, 26 belegt.

Aus Gründen der ungestörten Schwingungssymmetrie ist es von Vorteil, wenn der Flächeninhalt der zweiten Elektrode 26 weniger als die Hälfte des Flächeninhalts der ersten Elektrode 22 beträgt.

Erstreckt sich die erste Elektrode 22 über die Berandung des Plättchens 14 bzw. 15 hinaus zu der Randzone 23 auf der zweiten Stirnseite 24, ergibt sich eine vorteilhafte Kontaktierung der Elektroden 22, 26 auf der gleichen Stirnseite 24.

Weicht die Querschnittsfläche Q von einer Kreisfläche ab, so weist mit Vorteil wenigstens die zweite Elektrode 26 eine Fläche mit einer ähnlichen Berandungsform wie die Querschnittsfläche Q auf.

Ein elektrisches Wechselfeld zwischen den beiden Elektroden 22 und 26 regt das Plättchen 14 bzw. 15 zu mechanischen Schwingungen an. Die Plättchen 14, 15 weisen mit Vorteil Abmessungen auf, bei denen die Dicke eine halbe Wellenlänge der mechanischen Schwingungen im Plättchenmaterial beträgt und die Flächenabmessungen, beispielsweise der Scheibendurchmesser 21, kein ganzzahliges Vielfaches dieser Wellenlänge ist. Damit wird ein Abstrahlen der Schwingungen senkrecht zur Achse 11, der Radialschwingungen, stark unterdrückt und der Schall in Richtung zur Achse 11 in das Medium 6 (Figur 1) mit maximaler Intensität abgestrahlt; dies erweist sich für den Betrieb des Messwertgebers von Vorteil. Die Wellenlänge des Ultraschalls im Medium 6 hängt jedoch von der Schallgeschwindigkeit im Medium 6 ab. Beispielsweise beträgt die Wellenlänge in Wasser 1,5 mm für eine Frequenz von etwa 1 MHz.

Die Abmessungen der zweiten Elektrode 26 bestimmt die Grundfläche eines Schallfeldes, das sich vor dem Plättchen 14 bzw. 15 im Medium 6 ausbildet, während das Verhältnis V der Wellenlänge des Ultraschalls im Medium 6 zu den Abmessungen der zweiten Elektrode 26 einen Einfluss auf die Divergenz, das ist der halbe Öffnungswinkel, dieses Schallfeldes hat.

Vor dem Ultraschall abstrahlenden Plättchen 14 bzw. 15 bildet sich auf einer Länge L eine Nah- oder Fresnelzone aus, in der sich ein in das Medium 6 abgestrahltes Ultraschallbündel 31 fast parallel zur Achse 11 ausbreitet. Am Beispiel der Kreisform für die Querschnittsfläche Q, für die zweite Elektrode 25 und für die Plättchen 14, 15 bildet sich in der Nahzone ein Zylinder mit der Länge

$$L = \frac{(\text{Elektroden-Durchmesser } 27)^2}{\text{Wellenlänge im Medium 6}}$$

und einer Grundfläche mit dem Elektroden-Durchmesser 27 aus.

Das axiale Ultraschallbündel 31 weist eine Divergenz mit dem Winkel $\theta = \arcsin(0,6 \cdot V)$ auf.

Der Vollständigkeit halber sei erwähnt, dass ausserhalb des oben beschriebenen Ultraschallbündels 31 mit der maximalen Intensität des Ultraschalls noch weitere Bündel mit geringeren Intensitäten unter vorgegebenen Winkeln zur Achse 11 von den Plättchen 14, 15 abgestrahlt werden.

Eine genügend gute Ausschallung der Querschnittsfläche Q des Messrohres 1 (Figur 1) und eine Unterdrückung des von der Temperatur abhängigen Messfehlers wird erreicht, wenn wenigstens die Hälfte des Querschnitts Q am Rohreingang beschallt wird, wobei die Stirnfläche 1' (Figur 1) des Messrohres 1 nicht im intensiven Ultraschallbündel liegen dürfen und die Fläche der zweiten Elektrode 26 dem Querschnitt Q ähnlich ist. Der Vorteil eines Messwertgebers mit den Ultraschallwandlern 12, 13 liegt im praktischen Fehlen von temperaturunabhängigen Messfehlern.

Für das Beispiel der Kreisform weist das Verhältnis des Elektroden-Durchmessers 27 zum Innendurchmesser 19 einen Wert zwischen 0,5 und 1 auf.

Um einen Einfluss der Randzone der Plättchen 14, 15 zu vermeiden, die das Schallfeld stören könnte, beträgt der Wert des Quotienten aus dem Scheibendurchmessers 21 der Plättchen 14, 15 und dem Innendurchmesser 19 mit Vorteil mehr als 1,1.

Weist die Querschnittsfläche eine andere Berandung als ein Kreis auf, so treten anstelle der bestimmten Abmessungen, wie Innendurchmesser 19, Scheibendurchmesser 21 und Elektroden-Durchmesser 27, die Abmessungen in den sich auf der Achse 11 schneidenden Symmetrieebenen der Messstrecke im Messrohr 1.

Bei einer nicht kreisförmigen Querschnittsfläche Q können die Plättchen 14, 15 auch scheibenförmig sein, wenn die grösste Abmessung der zweiten Elektrode 26 deutlich kleiner als der Scheibendurchmesser 21 ist. Der Vorteil dieser Auslegung sind die einfachere Herstellung aller Teile der Ultraschallwandler 12, 13.

Patentansprüche

1. Messwertgeber mit zwei einander auf einer gemeinsamen Achse (11) eines Messrohres (1) gegenüberliegenden Ultraschallwandlern (12; 13) mit einem Plättchen (14; 15) aus Piezokeramik zum Abstrahlen von Ultraschallwellen durch ein im Messrohr (1) strömendes Medium (6) und zum Empfang der durch das Medium (6) übertragenen Ultraschallwellen mit einem zur Achse (11) symmetrischen Aufbau, dadurch gekennzeichnet, dass das Verhältnis der Fläche einer ersten Elektrode (22) zur Fläche einer zweiten Elektrode (26) grösser oder gleich 1 ist, dass die Berandung der zweiten Elektrode (26) und die Berandung der Querschnittsfläche Q des strömenden Mediums (6) im Messrohr (1) ähnlich sind und dass das Verhältnis zwischen der Fläche der zweiten Elektrode (26) und der Querschnittsfläche Q einen Wert zwischen 0,5 und 1 aufweist.
2. Messwertgeber nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Elektrode (22) eine erste Stirnseite der Plättchen (14; 15) vollständig bedeckt und dass der Flächeninhalt der zweiten Elektrode (26) weniger als die Hälfte des Flächeninhalts der zweiten Stirnseite (24) bedeckt.

3. Messwertgeber nach Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Stirnseite der Plättchen (14; 15) in einem Abstand (18) zum Eingang des Messrohrs (1) angeordnet sind, wobei das Verhältnis des Abstands (18) zum Innendurchmesser (19) des Messrohrs (1) zwischen 0,5 und 0,9 beträgt.
- 5 4. Messwertgeber nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Berandungen der zweiten Elektrode (26) und die Querschnittfläche Q des Messrohrs (1) eine Kreisform aufweisen.
- 10 5. Messwertgeber nach Anspruch 1 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Plättchen (14; 15) Zylinder sind, die die Elektroden (22; 26) auf den kreisförmigen Stirnseite (24) mit einem Scheibendurchmesser (21) tragen.
- 15 6. Messwertgeber nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass zum Unterdrücken von Radialschwingungen senkrecht zur Achse (11) der Scheibendurchmesser (21) kein ganzzahliges Vielfaches der Dicke der Plättchen (14; 15) ist.
- 20 7. Messwertgeber nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass das Verhältnis des Scheibendurchmessers (21) der Plättchen (14; 15) zum Innendurchmesser (19) des Messrohrs (1) grösser als 1,1 ist.
- 25 8. Messwertgeber nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zum Unterdrücken von Schwingungen senkrecht zur Achse (11) die Abmessungen der nicht zylinderförmigen Plättchen (14; 15) senkrecht zur Achse (11) keine ganzzahligen Vielfache der Dicke der Plättchen (14; 15) sind.
- 30 9. Messwertgeber nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass das Plättchen (14; 15) in einer Nische (20) eines Gehäuses des Ultraschallwandlers (12; 13) angeordnet ist, wobei das Plättchen mit der zweiten Stirnseite (24) gegen das Gehäuse abgestützt ist, und dass das Gehäuse zum Abdichten der Nische eine Membran (16; 17) aufweist, die die Nische dicht gegen das strömende Medium (6) abdeckt, und dass die erste Elektrode (22) auf der ersten Stirnseite und die Membran (16; 17) mittels einer beidseitig klebenden dünnen Kunststoffolie (30) akustisch gekoppelt sind.
- 35 10. Messwertgeber nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Membran (6) eine dünne Stahlfolie ist.
- 40
- 45
- 50
- 55

Fig. 1

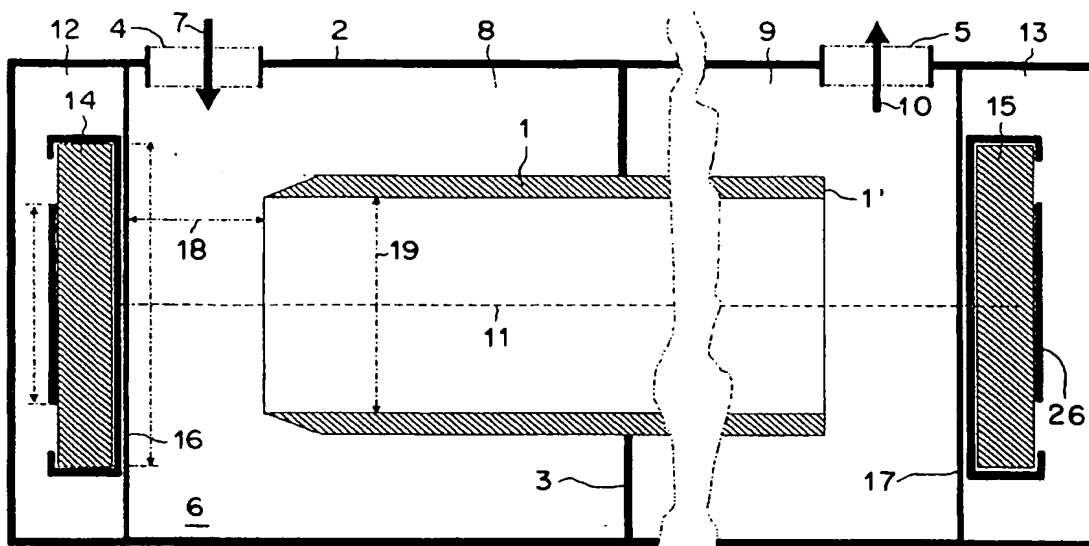
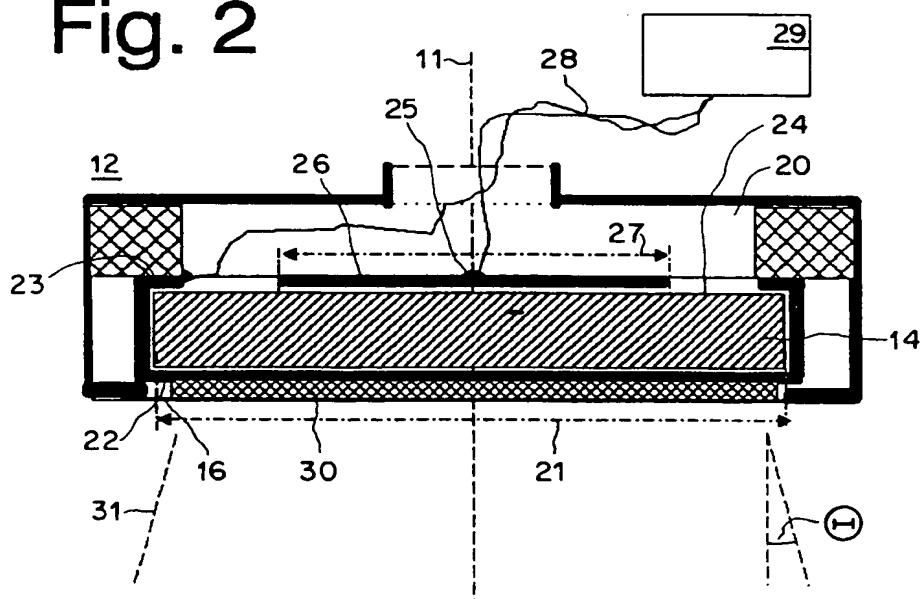


Fig. 2





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 93 11 6028

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.5)
D,A	DE-A-29 34 031 (LANDIS UND GYR) * das ganze Dokument * ---	1,2,4,5, 9	G01F1/66
D,A	DE-B-29 24 561 (LANDIS UND GYR) * Spalte 3, Zeile 18 - Zeile 52; Abbildungen 1,3 * ---	1,2	
A	EP-A-0 081 663 (LANDIS UND GYR) * Seite 4, Absatz 3; Abbildung 1 * ---	1	
A	US-A-4 140 012 (HENDRIKS) * Spalte 2, Zeile 48 - Zeile 53 * ---	1	
A	US-A-2 931 223 (J.KRITZ) * Spalte 3, letzter Absatz - Spalte 4, Absatz 1; Abbildung 4 * ---		
A	EP-A-0 048 791 (LANDIS UND GYR) -----		
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.5)
			G01F
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 23. März 1994	Prüfer Pflugfelder, G
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			

EPO FORM 1503 (01.82) (P4/C60)